

Summary

NedTrain, a subsidiary of the Dutch Railways (NS), is responsible for maintenance of rolling stock of NS. Maintenance is performed at maintenance depots and involves wheel sets that are located under trains. Wheels are subject to wear due to usage and need to be exchanged at maintenance when they have worn below a certain limit. Therefore, it is key to have a certain set (types and amount) of wheel sets available for upcoming maintenance to prevent non-availability of trains. At this moment wheel sets are stocked at different locations. However, NedTrain intends to concentrate wheel set stock at a central depot, and to supply wheel sets Just-In-Time to local maintenance depots. It is believed that in this way the turnaround stock of overhauled wheel sets can be reduced.

Insight in the interaction between departments is provided with an overview of the wheel set chain. At this moment two forecasting methods for wheel set demand are used. Maintenance depots plan demand one week ahead by using information from NS Reizigers on planned train arrivals. The overhaul depot forecasts supply four weeks ahead, based on former overhaul levels. It is observed that little information on future demand is exchanged and demand beyond four weeks is unknown.

Wheel wear has shown a more deterministic behavior since a use-based maintenance policy for wheel sets has been introduced for intercity rolling stock of NS as of 2007. Since demand patterns have not been changed and current forecasts based on former overhaul/demand levels shows varying results an alternative forecasting approach has been developed. This forecast approach is based on actual wheel set conditions and wheel wear. Wheel wear at wheel lathes is 2 - 6 times as high than wear during operation. A selection of wheel wear causes is made, based on short-term influences, which are used as variables in the forecast method. An overview of causes is included in Appendix I.

In this report six different methods of forecasting wheel set demand are studied and validated with 2012 demand. Wheel set demand is forecasted based on wheel set exchanges due to passing a wear limit, which covered 86% of wheel set exchanges in 2012. The best performing method is selected on the lowest error between forecasted versus real demand in the first three months. Validation shows that wheel set demand can be forecasted with a Mean Absolute Deviation of 26 - 27 days, which exceeds the current planning horizon of maintenance depots. The best performing method includes fuzzy logic to account for temporary increased wear rates due to maintenance, stage of wear and seasonality. Forecasted failure dates of wheel sets are rounded down to future maintenance periods.

The current accuracy on short-term is considered as too low to serve as reliable basis for determining a required level of wheel sets to supply maintenance depots with an interval of one month and wheel set availability of 90%. The application of fuzzy logic and tuning has improved accuracy on monthly levels, but still demand for wheel sets is frequently overestimated. For this reason Just-In-Time delivery of wheel sets, based on current demand patterns and forecast accuracy, is currently not the designated solution to supply maintenance depots at NedTrain.

In this report is shown that diameters within a population of wheel sets are not always equally distributed, which results in troughs and peaks in demand. The forecast accuracy on mid-term is accurate enough to provide insight for NedTrain in these future demand patterns for at least 2 years ahead. This information might be used as guideline for mid or long-term decisions on future overhaul and stock levels of wheel sets. Improvements are proposed for the forecast model and with regard to NedTrain practices to help increase predictability of future wheel set demand.

Summary (Dutch)

NedTrain, een dochtbedrijf van de Nederlandse Spoorwegen (NS), is verantwoordelijk voor onderhoud aan rollend materieel van NS. Onderhoud wordt uitgevoerd bij onderhoudsbedrijven en omvat wielstellen. Wielen zijn onderhevig aan slijtage door gebruik en moeten worden uitgebouwd tijdens onderhoud wanneer een bepaalde slijtage limit is gepasseerd. Het is daarom belangrijk een bepaalde set (typen en hoeveelheid) wielstellen beschikbaar te hebben voor toekomstig onderhoud om niet-beschikbaarheid van treinen te voorkomen. Voorraden van wielstellen zijn momenteel verspreid. NedTrain heeft de intentie om voorraden te centraliseren en wielstellen Just-In-Time te leveren aan onderhoudsbedrijven. Hierdoor kan mogelijk de omloopvoorraad van wielstellen worden gereduceerd.

Met behulp van een overzicht van de wielstelketen is inzicht gegeven in de interactie tussen afdelingen. Op dit moment worden twee voorspel methoden gebruikt om de vraag naar wielstellen te voorspellen. Onderhoudsbedrijven plannen hun vraag één week vooruit op basis van informatie van NS Reizigers. Het revisiebedrijf voorspeld de vraag vier weken vooruit op basis van voorgaande productiehoogten. Daarbij wordt weinig informatie onderling gedeeld over toekomstige vraag.

Sinds gebruiks-afhankelijk onderhoud wordt toegepast voor wielstellen onder intercitymaterieel vanaf 2007 vertoont de slijtage van wielen meer deterministisch gedrag. Het vraagpatroon voor wielstellen is onveranderd gebleven. Omdat huidige voorspellingen een variërend resultaat geven is een nieuwe voorspelmethode voor de vraag naar wielstellen opgesteld. Deze voorspelmethode is gebaseerd op huidige condities van wielstellen en wielenslijtage. Een selectie van oorzaken van wielenslijtage is gemaakt op basis van invloeden op korte termijn en gebruikt als variabelen in de voorspelmethode. Als voorbeeld: wielenslijtage op de kuilwielenbank is 2 - 6 maal hoger dan slijtage tijdens gebruik.

In dit rapport zijn zes verschillende voorspelmethoden voor de vraag naar wielstellen bestudeerd en gevalideerd op basis van de werkelijke vraag in 2012. De vraag is voorspeld op basis van het passeren van de slijtage limiet, dit representeert 86% van de uitbouwen. De meest nauwkeurige methode kan de vraag naar wielstellen voorspellen met een Mean Absolute Deviation (MAD) van 26 - 27 dagen. Deze afwijking is groter dan de huidige voorspeltermijn van onderhoudsbedrijven. De voorspelmethode maakt gebruik van fuzzy logic voor tijdelijke hogere slijtage t.g.v. onderhoud, stadia van slijtage en seizoensinvloeden. De uitvaldata worden afgerond naar toekomstig onderhoud.

De voorspelnauwkeurigheid op korte termijn is momenteel te laag om de grootte voor leveringen van wielstellen aan onderhoudsbedrijven te bepalen, in perioden van één maand bij 90% gevraagde beschikbaarheid. Toepassing van fuzzy logic heeft de voorspelnauwkeurigheid op maandniveau verhoogd, maar niet voorkomen dat de voorspelde vraag structureel te hoog is. Om deze reden is Just-In-Time aanlevering van wielstellen, gebaseerd op huidige voorspelnauwkeurigheid en vraagpatroon, op dit moment niet de beste oplossing om wielstellen lokaal aan te leveren.

In dit rapport is aangetoond dat de distributie in diameters van een wielstellen populatie niet altijd gelijk is, wat resulteert een variërend vraagpatroon. De voorspelnauwkeurigheid op middellange termijn is nauwkeurig genoeg bevonden om NedTrain inzicht te verschaffen in toekomstige vraagpatronen voor ten minste 2 jaar vooruit. Deze informatie is geschikt als richtlijn voor beslissingen voor toekomstige revisie en voorraad levels van wielstellen. Verbeteringen voor de voorspelmethode en voor NedTrain zijn gepresenteerd om te helpen bij het vergroten van de voorspelbaarheid van de vraag naar wielstellen in de toekomst.